

На графике (рис.2.1) мы видим, что ширина волноводов не влияет на процесс модуляции, но наиболее приемлемое значение составляет 3-7 мкм. Рис.2.2 отображает влияние показателя преломления подложки – при увеличении его значения более 1.47 доля излучения во втором канале падает, а в первом соответственно возрастает.[2]

В данной работе были рассмотрены принципы распространения излучения в планарной многослойной структуре. Проведены исследования мощности проходящего излучения в электрооптическом интегрально-оптического модуляторе переключающего типа в зависимости от ширины волноводов, угла между волноводами, длины волны излучения и показателя преломления подложки.

Список публикаций:

[1] Лопатюк А.В. Моделирование наноразмерного оптического разветвителя на основе интегрально-волноводной структуры. Труды международной научно-технической конференции «Нанотехнологии функциональных материалов» Санкт-Петербург, 21-25 июня 2016г., с.812-818.

[2] Магзумьянова Л.Ф., Атыева И.Р., Лопатюк А.В. Исследование многослойной структуры Х-образного планарного ответвителя. Тезисы докладов IV Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием «Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники», 29 ноября – 2 декабря 2016 г., г. Уфа. Стр.63-65.

## **Лабораторный макет для исследования вольтамперных характеристик двухвыводных полупроводниковых приборов при различных температурах**

**Мирошин Игорь Андреевич**

*Южный федеральный университет*

*Сидоренко Евгений Никифорович, к.ф.-м.н.*

*miroshin23@mail.ru*

Изучение свойств полупроводниковых приборов играет большую роль в образовательном процессе студентов технических специальностей. Особый интерес вызывает влияние повышенной температуры на характеристики двухвыводных полупроводниковых приборов, таких как диоды, стабилитроны, варикапы и другие. Изменения вольтамперных (ВАХ) или частотных характеристик полупроводниковых приборов при повышенных температурах окружающей среды может привести к ухудшению свойств прибора в целом, а иногда и к полному выходу их из строя.

Основная сложность при изготовлении макета для температурных исследований полупроводниковых приборов заключается в изготовлении компактного нагревателя, поддержании постоянной температуры в процессе измерения параметров, перестройке температурного режима. Исходя из этого, был спроектирован и собран макет, позволяющий разогревать исследуемый полупроводниковый прибор в пределах от 35°C до 105°C с шагом в 5°C. Измерение температуры выполняется каждые 100мс при помощи цифрового термометра DS18B20[1] с диапазоном измерений от -55°C до +125°C и точностью  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Контрольные испытания проводились при температурах: 35°C, 55°C и 85°C. Отклонение температуры от установленной в этих контрольных точках не превышало  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Длительность каждого испытания составляла 25 минут. В качестве нагревательных элементов используются два транзистора КТ972А в корпусе ТО-126[2]. Для передачи тепла к исследуемому образцу используется система медных пластин, образующая два зажима для исследуемого образца - полупроводникового прибора и цифрового термометра. Управление процессом нагрева и вывод данных осуществляется при помощи платформы Arduino Nano v3.0 на базе микроконтроллера ATmega168p[3]. Для приёма и обработки данных был разработан соответствующий код программы микроконтроллера. Индикация текущей температуры и настройки отображается на дисплее LCD 16x2. Конструкция системы контактных медных пластин позволяет исследовать полупроводниковые приборы с корпусами ТО-92, ТО-72, DO-15, DO-35[4]. Установка имеет программную защиту, предотвращающую перегрев и выход из строя внутреннего оборудования. В случае срабатывания защиты установка программно останавливает работу, а на дисплей выводится сообщение об ошибке и возможной причине остановки. Принцип работы макета основан на параллельном нагреве исследуемого образца и цифрового термометра. После получения данных от цифрового термометра в микроконтроллере происходит сравнение значений текущей и установленной температуры, что приводит к принятию решения о подаче мощности в цепь нагревательного элемента (используется двухпозиционное регулирование). Схема цепи нагревательного элемента представлена на рис. 2. Сигнал микроконтроллера приводит к изменению тока через фотодиод оптрона, фототока через транзистор Т1, изменению базового тока транзистора VT КТ972А. Пропорционально базовому току меняется ток коллектора и эмиттера, а, следовательно, и выделяемая мощность на радиаторе транзистора. Для гальванической развязки микроконтроллера и цепи нагревательного элемента используются оптроны РС-817[5]. Это является дополнительным элементом защиты цифровых устройств. С помощью соединительных проводов и клемм,

контакты исследуемого полупроводникового прибора выводятся наружу для включения в различные измерительные цепи.

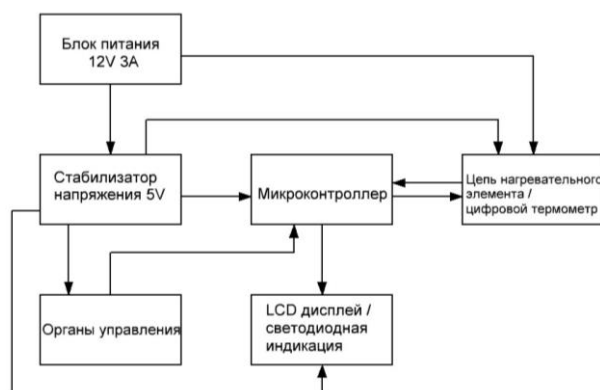


рис. 1 Структурная схема макета

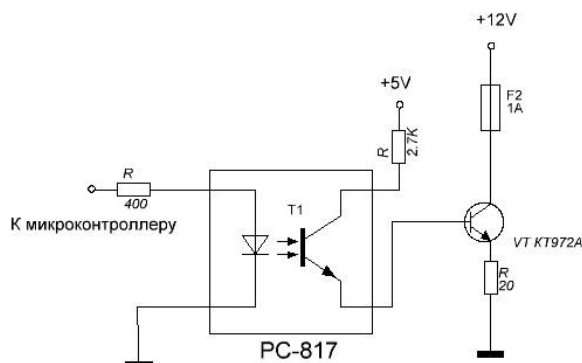


рис. 2 Схема цепи нагревательного элемента

В качестве контрольного эксперимента был использован кремниевый диод FR-207[6]. На его основы были получены характеристики близкие к стандартным для различных температурных режимов[7].

Таким образом, была разработана структурная схема (рис.1) и изготовлен макет для исследования вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов в лабораторных условиях. Написана специализированная программа для обработки данных и управления внутренними цепями макета. Проведены контрольные измерения вольтамперных характеристик диода при различных температурах. Использование программного управления и современной цифровой техники позволяет поддерживать температуру с точностью  $\pm 1^\circ\text{C}$  в течение длительного времени. Применение LCD дисплея позволяет наглядно отображать текущую температуру и настройки. Использование транзисторов в качестве нагревательных элементов позволяет локализовать область нагрева и сократить энергопотребление по сравнению с резистивными или индукционными нагревательными элементами.

#### Список публикаций:

- [1]Electronic components datasheet search [Электронный ресурс]. URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html> (дата обращения: 5.11.2016).
- [2]Интеграл [Электронный ресурс]. URL: <http://www.transistor.by/i/pdf/kt972.pdf> (дата обращения: 18.11.2016).
- [3]Electronic components datasheet search [Электронный ресурс]. URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/392273/ATMEL/ATMEGA168PA-AU.html> (дата обращения: 5.11.2016).
- [4]Электронные компоненты [Электронный ресурс]. URL: [http://www.fotorele.net/pdf/TIPY\\_KORPUSOV\\_IMPORTNYH\\_DIODOV.pdf](http://www.fotorele.net/pdf/TIPY_KORPUSOV_IMPORTNYH_DIODOV.pdf) (дата обращения: 3.12.2016).
- [5]Farnel Element [Электронный ресурс]. URL: <http://www.farnell.com/datasheets/73758.pdf> (дата обращения: 11.01.2017).
- [6]Electronic components datasheet search [Электронный ресурс]. URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/33979/WTE/FR207.html> (дата обращения: 13.01.2017).
- [7] Федотов, Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов / Я.А. Федотов; ред. И.М. Волкова. - Москва: Советское радио, 1963.-655с.

## Моделирование плавления тепловыделяющего элемента в реакторах на быстрых нейтронах

**Николаенко Александр Вадимович**

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

Усов Эдуард Викторович

[alexander.nickolaenko@yandex.ru](mailto:alexander.nickolaenko@yandex.ru)

Обоснование безопасности энергетических реакторных установок – важнейший этап проектирования. Однако, проведение натурного эксперимента для обоснования безопасности конструкции реактора зачастую невозможно. На сегодняшний день, преобладающим подходом к валидации того или иного проекта является численное моделирование процессов, протекающих в реакторе.

В ходе тяжёлой аварии в реакторе на быстрых нейтронах с охлаждением жидким натрием, теплоноситель может разогреться до температуры кипения, испариться из активной зоны, оголив, таким образом поверхность тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ). В результате оголения может расплавиться как оболочка ТВЭЛ, так и топливо. Дальнейшее движение расплава зависит от баланса сил, гравитации, сил вязкого